



BANCO CENTRAL DE BOLIVIA

Gerencia de Operaciones Internacionales

Departamento de Control de Inversiones

El VaR crediticio como herramienta para monitorear el riesgo crediticio en la inversión de las reservas monetarias internacionales del Banco Central de Bolivia

Denise Salazar^{*}

Varinia Tindal^{*}

Nota técnica No. 8

Revisado por: Walter Erik Guzmán Tordoya

Diciembre, 2015

^{*} El presente documento no necesariamente refleja la visión del BCB y de sus autoridades. Sus conclusiones y/u omisiones son de exclusiva responsabilidad de las autoras.

Resumen

El VaR crediticio es una métrica que contribuye a la optimización de la medición y monitoreo del riesgo crediticio de portafolios de inversión. El presente trabajo analiza las diferentes metodologías y modelos de cálculo del VaR crediticio, haciendo énfasis en los fundamentos y principios de Basilea II. Finalmente, se realiza la explicación sobre las variables e información que se utilizaron para su implementación en la administración de las reservas monetarias internacionales del Banco Central de Bolivia (BCB).

Palabras clave: *Bolivia, mercados financieros internacionales, reservas internacionales, riesgo crediticio*

Credit VaR as a tool for monitoring credit risk in investments of international monetary reserves of Central bank of Bolivia

Abstract

Credit VaR is a metrics that helps optimizing the measurement and monitoring the credit risk of investment portfolios. This paper analyzes different methodologies and models for calculating credit VaR, with emphasis on the fundamentals and principles of Basel II. Finally, it is performed the explanation about the variables and information that were used to implement this metrics in the investment management process of international monetary reserves of the Central Bank of Bolivia (CBB).

Keywords: *Bolivia, international financial markets, international reserves, credit risk*

I. Introducción

La crisis financiera de septiembre de 2008 desencadenó en importantes caídas en las bolsas de valores de todo el mundo debido a la quiebra y el rescate de varias instituciones financieras importantes de Estados Unidos. La crisis originada por el exceso de liquidez en la economía norteamericana durante varios años, por su política de bajas tasas de interés, propició la toma excesiva de riesgos por parte de los bancos al incrementar sus exposiciones en hipotecas *subprime* (préstamos hipotecarios de alto riesgo). Este riesgo no fue detectado oportunamente por los reguladores financieros.

Las hipotecas *subprime* eran vendidas como bonos en los mercados de renta fija y fueron comercializados por los bancos de inversión como títulos estructurados de menor riesgo, respaldados por la alta calificación crediticia otorgada por las agencias calificadoras de riesgo, subestimando los riesgos inherentes. Por este motivo, se cuestionó el rol de las agencias calificadoras de riesgo y los modelos de evaluación de riesgo crediticio, incrementando la relevancia de evaluar las herramientas para el análisis del riesgo crediticio.

Una medida utilizada para el riesgo crediticio de un portafolio es el Valor en Riesgo (VaR) crediticio que posibilita el cálculo del capital mínimo requerido con el objetivo de cubrir este riesgo. En este sentido, con la finalidad de optimizar la gestión de este riesgo inherente a la inversión de las reservas internacionales, el presente documento presenta el análisis y la aplicación de la metodología de Basilea II para el cálculo del VaR crediticio.

II. Marco conceptual y metodológico

II.1. Riesgo crediticio

El riesgo crediticio se define como la probabilidad de que una entidad, deudor o contraparte no cumpla total o parcialmente con sus obligaciones de deuda, lo que se puede originar a partir de la disminución en la calidad crediticia o quiebra de una entidad o deudor.

II.2. Tipos de deuda

La deuda se puede clasificar de distintas maneras dependiendo de sus características. De acuerdo a las garantías y prioridad de pago puede clasificarse en:

- **Deuda asegurada**, deuda respaldada por un colateral para reducir el riesgo asociado a la misma. En general, tiene como garantía activos de la empresa emisora.
- **Deuda no asegurada**, es deuda sin garantía o colateral de activos. Representa un alto riesgo para los inversores y tiene un interés elevado.
- **Deuda no subordinada**: también conocida como deuda sénior. Son instrumentos que tienen preferencia de cobro frente a otros instrumentos, lo que implica que en caso de quiebra o incumplimiento del emisor, los acreedores con este tipo de instrumentos recibirán la totalidad de sus deudas por encima de otros tenedores.
- **Deuda subordinada**: tiene menor prioridad de pago. En caso de liquidación o quiebra de la entidad emisora, esta deuda se coloca por detrás de la deuda sénior.

II.3. Tipos de emisores de deuda

Los emisores de deuda son aquellas entidades con necesidades de financiamiento que acuden al mercado para la obtención de recursos financieros. Existen diferentes tipos de emisores:

- **Sector público**: gobiernos nacionales (locales y municipales), agencias de gobierno, empresas gubernamentales y entidades supranacionales.
- **Sector privado**: corporaciones financieras y no financieras.

II.4. Medidas de riesgo crediticio

- Calificación de riesgo crediticio

Es una opinión objetiva, independiente y técnicamente fundamentada del riesgo de incumplimiento de pago, sea de una determinada emisión o de un emisor. Las calificaciones proveen a los inversionistas, información sencilla y comparativa sobre riesgo crediticio que se utiliza para la asignación de precios de mercado en consideración al premio por riesgo requerido, y por su parte los emisores se benefician del acceso a mayores fuentes de financiamiento.

Las agencias calificadoras de riesgo más importantes a nivel global son Standard & Poor's, Moody's y Fitch. Estas agencias emiten su opinión expresada en una calificación de riesgo crediticio, cada una utilizando su propia escala y nomenclatura de calificación.

En los Cuadros 1a y 1b se presenta la escala de calificación de riesgo crediticio y su comparación entre las tres agencias calificadoras de riesgo mencionadas arriba.

Cuadro 1a: ESCALAS DE CALIFICACIÓN DE RIESGO CREDITICIO DE LARGO PLAZO

Grado	FITCH	S&P	MOODY'S	Descripción
Grado de inversión	AAA	AAA	Aaa	Máxima calidad crediticia
	AA+	AA+	Aa1	Muy alta calidad crediticia
	AA	AA	Aa2	
	AA-	AA-	Aa3	
	A+	A+	A1	Alta calidad crediticia
	A	A	A2	
	A-	A-	A3	
	BBB+	BBB+	Baa1	Buena calidad crediticia
	BBB	BBB	Baa2	
	BBB-	BBB-	Baa3	
Grado especulativo	BB+	BB+	Ba1	Especulativo
	BB	BB	Ba2	
	BB-	BB-	Ba3	
	B+	B+	B1	Altamente especulativo
	B	B	B2	
	B-	B-	B3	
	CCC+	CCC+	Caa1	Posibilidad real de <i>default</i>
	CCC	CCC	Caa2	
	CCC-	CCC-	Caa3	
	CC	CC	Ca	<i>Default</i> probable
	C	C	C	<i>Default</i> inminente
	RD	RD	RD	Pago de algunas obligaciones
	D	D	D	Incumplimiento de pago

Fuente: Agencias calificadoras de riesgo (Fitch, Moody's y Standard & Poor's)

Cuadro 1b: ESCALAS DE CALIFICACIÓN DE RIESGO CREDITICIO DE CORTO PLAZO

Grado	FITCH	S&P	MOODY'S	Descripción
Grado de inversión	F-1+	A-1+	P-1	Máxima calidad crediticia
	F-1	A-1		
	F2	A-2	P-2	Buena calidad crediticia
	F3	A-3	P-3	Adecuada calidad crediticia
Grado especulativo	B	B	NP	Especulativo
	C	C		Alto riesgo de <i>default</i>
	D	D		Incumplimiento de pago

Fuente: Agencias calificadoras de riesgo (Fitch, Moody's y Standard & Poor's)

- Matriz de transición

La matriz de transición es la matriz de tasas de incumplimiento por calificación crediticia que se elabora con base en los cambios de calificación y los incumplimientos de entidades calificadas por las agencias calificadoras de riesgo. Las tasas de incumplimiento, en general, son promedios con base en la información histórica de las agencias y representan una buena aproximación de las probabilidades de cambio de calificación y de incumplimiento.

- VaR crediticio

El VaR crediticio es la pérdida estimada por un evento de riesgo crediticio en un horizonte de tiempo y bajo un nivel de confianza determinados. Esta medida permite estimar y provisionar la pérdida para el total del portafolio como resultado de un evento de riesgo crediticio.

II.5. Modelos estructurales

Los modelos estructurales tienen su base en el valor de la firma, son modelos de riesgo crediticio que describen el proceso de incumplimiento como resultado explícito del deterioro del valor de la firma, lo cual en general, se refleja en el deterioro del precio de la acción y se utiliza para calcular lo que se denomina la probabilidad de *default* implícita,

dato que puede utilizarse en lugar de la probabilidad de *default* de los modelos de calificación tradicionales.

Los modelos que tienen su base en el valor de la acción pueden ser muy útiles como un sistema de alerta temprana para las compañías grandes, pero no así para compañías más pequeñas para las cuales aplica, de mejor manera, la calificación del crédito o *credit scoring*. Crosbie y Bohn (2003), Delianedis y Geske (2001) encontraron que estos modelos pueden brindar información temprana acerca de la migración de calificaciones e incumplimientos. Durante periodos de auge de los mercados de acciones, estos modelos tienden a asignar probabilidades de *default* muy bajas a casi todas las firmas y son propensos a sobre-reaccionar en presencia de burbujas del mercado. A nivel de portafolio, la sobre-reacción puede ser problemática.

El capital económico relacionado con las probabilidades de incumplimiento calculadas con este modelo, puede ser muy volátil, por lo que en general estos modelos no son tan aceptados por los ejecutivos de las entidades. Más aún, el uso generalizado de este modelo por los bancos en el contexto de Basilea II podría conducir a una mayor volatilidad del capital regulatorio e incrementar la prociclicidad en el sistema financiero.

Entre los principales modelos estructurales se pueden mencionar los siguientes:

II.5.1. Modelo de Merton

Merton (1974) fue el primero en utilizar la metodología desarrollada por Black and Scholes (1973) para calcular el precio de la deuda corporativa y el primero en aplicar el análisis de los créditos contingentes para valorar los títulos corporativos. Los supuestos del modelo de Merton son los siguientes:

- La estructura de capital es simple: capital + una emisión de deuda con cupón cero.
- El valor de la firma es perfectamente observable.
- El valor de la firma sigue un proceso de difusión log normal por lo que un evento de *default* o incumplimiento se alcanzaría de forma gradual.
- El incumplimiento sólo sucede en la fecha de vencimiento de la deuda.
- Las tasas de interés libres de riesgo son constantes hasta el vencimiento de la deuda.
- El modelo no permite una renegociación de deuda entre los tenedores de deuda y los accionistas.

- No existen ajustes de liquidez.

En el modelo de Merton, se asume que una firma que tiene un valor V tiene dos fuentes de financiamiento: capital (S) y deuda (D). En el modelo, se asume que el valor de la firma V sigue un movimiento Browniano geométrico donde $dV = \mu V dt + \sigma V dZ$.¹ En la fecha de vencimiento de la deuda (T), la empresa se considera solvente si su valor es suficiente para el repago del monto de la deuda; caso contrario se considera que la empresa incumplirá con su obligación (*default*). En este caso, los tenedores del bono emitido por la empresa tienen prioridad sobre los accionistas para el pago correspondiente.

En condiciones normales, la compensación que reciben los accionistas es similar al pago por una opción de compra sobre el valor de la firma, cuando éste alcanza el valor de la deuda. Por otra parte, la compensación que recibe el tenedor del bono puede ser considerada como un pago de un bono libre de riesgo menos una opción de venta sobre el valor de la firma. Por este motivo, los precios de ambas opciones se calculan bajo los mismos supuestos de la metodología de Black and Scholes.

Este modelo tuvo algunos problemas de aplicación, por lo que se puede encontrar en la literatura otras contribuciones orientadas a levantar algunos de los supuestos del modelo considerados no realistas. El mayor éxito del modelo de Merton es su contribución para la predicción del incumplimiento de una empresa.

II.5.2. Modelo KMV

Con base en el modelo de Merton, el monitor de crédito KMV aplica el enfoque estructural para extraer del precio de las acciones, en un horizonte de tiempo determinado, las probabilidades de incumplimiento. Las probabilidades de incumplimiento implícitas se pueden calcular a partir del precio de las acciones y de las estructuras de capital de las corporaciones grandes. En este modelo, la probabilidad de incumplimiento se deriva del cálculo de la Frecuencia de Incumplimiento Esperada (*Expected Default Frequency - EDF*), y la distancia entre el valor esperado del activo y el punto de incumplimiento se denomina *Distance – to – Default (DD)*.

Uno de los supuestos de este modelo es que la estructura del capital de una empresa consiste en una deuda de largo plazo (LT) y otra de corto plazo (ST). Luego el precio de

¹ Los parámetros μ y σ son la media y la desviación estándar del valor de la firma, respectivamente. Z representa un movimiento Browniano estándar.

ejercicio (*strike price*) en el punto de incumplimiento se calcula como una combinación de ambas deudas. El valor del activo al momento del incumplimiento se calcula de la siguiente manera:

Valor de incumplimiento: $X=ST+0,5LT$ si $LT/ST < 1,5$

Valor de incumplimiento: $X=ST+(0,7-0,3 ST/LT)LT$ de otra manera

La regla descrita arriba es empírica y no descansa en un fundamento teórico específico, por lo que no existe garantía de que esta regla funcione para todos los países, jurisdicciones e industrias.

A diferencia de Merton, KMV no utiliza para el cálculo de la probabilidad de incumplimiento, la distribución normal acumulada dado que tiende a ser más baja, por lo que en el modelo KMV se calibra el EDF para que sea consistente con las frecuencias de incumplimiento históricas y por tanto con las calificaciones crediticias.

II.6. Modelos de calificación del crédito

Los modelos de calificación de crédito consisten en asignar un valor numérico a la firma, valor que indica si la firma está cerca de un incumplimiento o no. Su función principal es la evaluación de la calidad crediticia de las empresas pequeñas y privadas. Las tecnologías más conocidas en relación a estos modelos consisten en cuatro modelos de calificación multivariante (el modelo de probabilidad con regresión lineal, el modelo Logit, el modelo Probit y el modelo de análisis discriminante múltiple). Según Galindo y Tamayo (2000) las características de los modelos óptimos de calificación de crédito incluyen: precisión, parsimonia, no trivialidad, factibilidad y transparencia e interpretabilidad.

Los modelos de calificación crediticia más conocidos son los siguientes:

II.6.1. Análisis de discriminación lineal de Fisher

Es un proceso que separa un grupo grande y heterogéneo en subgrupos homogéneos, para lo cual se utilizan diferentes criterios para establecer la regla de decisión relevante. La aplicación más conocida es el modelo conocido como Altman Z-score.

II.6.2. Discriminación paramétrica

El análisis discriminante paramétrico determina una calificación mediante regresiones utilizadas lineales o no lineales. Estos modelos consisten en la conformación de subgrupos de observación (grupos con y sin incumplimiento) en función a las

calificaciones otorgadas. Los parámetros de la regresión pueden optimizarse mediante métodos de máxima verosimilitud.

II.6.3. K-vecinos más cercanos (kNN)

Es una técnica de discriminación no paramétrica que utiliza las propiedades de las firmas que conforman las categorías de interés (por ejemplo cumplimiento o incumplimiento) y categoriza a una entidad de acuerdo a las características comunes con los miembros de cada grupo. Esta técnica es simple y ha sido ampliamente utilizada especialmente cuando no se conoce un clasificador bayesiano. Esta técnica evalúa las similitudes entre un patrón x y un conjunto de parámetros de referencia.

II.6.4. Vectores de soporte

Este método utiliza las características de las firmas para crear una ecuación que permita dividir un grupo grande en dos subgrupos. Los grupos pueden ser lineales e incluyen planos e hiperplanos. Estos grupos también pueden ser no lineales donde el criterio de separación es polinomial. Las medidas de clasificación deben ser complementadas con métodos de máxima verosimilitud o técnicas que incluyan la función de utilidad del usuario.

II.7. Modelos para medir el riesgo crediticio de un portafolio

Para entender el riesgo crediticio de un portafolio, es importante considerar la correlación de *default* (incumplimiento) o la probabilidad de tener múltiples *defaults* en un portafolio con exposiciones a diferentes emisores de deuda, dado que el impacto puede ser grande aunque el evento sea raro. Para medir el riesgo crediticio de un portafolio, en general, se requiere modelar el incumplimiento, la correlación de los incumplimientos y la pérdida en caso de incumplimiento (*loss given default*). En modelos más elaborados, se puede incluir la migración de calificaciones crediticias.

La correlación de *default* es difícil de medir o estimar utilizando datos de *default* históricos dado que el **evento de default es raro**. Muchos estudios estimaron las correlaciones en el orden de 5% en el horizonte de un año. Sin embargo, las correlaciones estimadas varían ampliamente para diferentes periodos, grupos industriales y domicilios, y en general son negativos.

Los modelos comerciales (KMV de Moody's y CreditMetrics de J.P. Morgan) operan con modelos que incluyen la migración de calificaciones, entendiendo que puede darse un

evento de incumplimiento o de migración crediticia, y han permitido superar algunas dificultades y/o limitaciones del modelo de Merton. Estos modelos en general, miden el valor en riesgo crediticio del portafolio conocido como “Credit VaR” o VaR crediticio que se entiende como la máxima pérdida crediticia bajo un nivel de confianza en un horizonte de tiempo determinado.

II.7.1. CreditRisk+

El modelo CreditRisk+ pertenece a los productos financieros de Credit Suisse y tiene su base en técnicas que modelan los eventos extremos, en general, para la industria de seguros. Contempla solamente dos resultados para cada firma en un horizonte de tiempo determinado: cumplimiento o incumplimiento. Los factores de riesgo son comunes para todos los emisores aunque la sensibilidad de cada entidad a cada factor es diferente.

Los factores de riesgo considerados por el modelo siguen una distribución estadística específica (distribución gamma). Valores mayores a 1 de cualquiera de estos factores, significa un incremento de la probabilidad de incumplimiento de la entidad, lo cual depende de la ponderación de la exposición a cada factor de riesgo. Con esta información, se obtiene la distribución del total de incumplimientos en el portafolio, siendo la distribución relevante la distribución de pérdidas. Debido a los supuestos estadísticos del modelo, un incremento en la volatilidad de un factor de riesgo tiene un impacto importante en la cola de su distribución.

II.7.2. CreditMetrics™

El modelo CreditMetrics™ de J.P. Morgan ofrece una alternativa para evaluar el riesgo de portafolios grandes conformados por títulos de deuda de entidades con estructuras de capital reales. El propósito de este modelo es calcular la distribución del valor del portafolio.

El primer paso es contar con una calificación crediticia para cada título de deuda y la distribución de probabilidad histórica de transición de dicha calificación. Al respecto, las agencias calificadoras de riesgo crediticio cuentan con estas matrices de transición donde se puede observar la probabilidad de cambio de calificación en el horizonte de 1 año. El modelo también considera la tasa de recuperación del crédito como una fracción del valor nominal en presencia de incumplimiento.

La distribución del valor de la deuda se obtiene a partir del cálculo del valor esperado de la deuda para cada calificación en el horizonte de 1 año, valor que se puede obtener

mediante la curva de rendimiento y su estructura de plazo para cada calificación crediticia, tomando los precios *forward* a 1 año considerando los bonos con cupón cero.

La mayor dificultad de este modelo es el cálculo de la distribución conjunta de las migraciones de calificación de los bonos en el portafolio. Una forma es utilizar estimaciones históricas de las probabilidades conjuntas de las migraciones de los bonos. Sin embargo, las correlaciones entre estas migraciones dependen de otros factores. Al respecto, en CreditMetrics™ se propone un enfoque consistente con la distribución del retorno de acciones para calcular los rangos de retorno correspondientes a las diferentes categorías de calificación crediticia.

Cuando el número de posiciones es grande, el uso de los retornos de las acciones puede demandar mucho tiempo por lo que CreditMetrics™ recomienda utilizar un modelo factorial donde los retornos de las acciones dependan de los índices de países e industrias así como del riesgo no sistémico.

II.7.3. KMV de Moody's

El modelo KMV tiene como base el modelo Merton y deriva las probabilidades de incumplimiento de la Frecuencia de Incumplimiento Esperada (EDF por sus siglas en inglés) para cada emisor. Para la obtención del valor de la firma y su volatilidad se considera una estructura de capital más compleja (deuda de corto plazo, deuda de largo plazo y deuda convertible).

Debido a que las probabilidades de incumplimiento se obtienen a partir del valor de acción, éstas pueden cambiar continuamente y no solamente cuando los emisores sufren cambios en sus calificaciones crediticias. KMV utiliza un modelo de factores para simplificar la estructura de correlación de los retornos de la firma. Los supuestos utilizados implican una solución analítica para la distribución de pérdidas, por lo que no requiere emplear ninguna simulación para calcular el VaR crediticio.

Todos estos modelos en su implementación, no consideran los cambios en tasas de interés o márgenes crediticios. Por otra parte, la distribución de incumplimientos cambia dramáticamente cuando la economía se mueve de expansiva a recesiva, al igual que las correlaciones de las transiciones o cambio de calificación crediticia.

II.7.4. Enfoque de Basilea II

En 1988 el Banco de Pagos Internacionales (BIS, por sus siglas en inglés) cuya sede se encuentra en Basilea, junto con los bancos centrales del G-10 (Comité de Supervisión Bancaria), emitió el acuerdo de Basilea, que es un marco que sirve de base para la regulación financiera de cada país y que, entre otras, contiene recomendaciones para determinar el capital económico mínimo que debe tener cada entidad en función de los riesgos que asume, recomendación que permitió a los bancos reforzar su capitalización.

Una de las medidas que establecieron para prevenir y cuantificar el riesgo de crédito es el capital mínimo requerido de 8% del total de activos ponderados por su riesgo. Para su cálculo se considera el siguiente ratio:

$$\frac{\text{Fondos propios}}{\text{Activos ponderados por riesgo}} \geq 8\%$$

En este enfoque no se consideran las diferencias de calidad crediticia de los deudores, por lo que no incorpora las diferentes probabilidades de incumplimiento, no contempla diferencias en el monto y vencimiento de los préstamos y tampoco considera la diversificación de los portafolios.

Para salvar estas limitaciones y con el objetivo de fortalecer la estabilidad del sistema bancario, el acuerdo de Basilea II publicado en 2004, incluyó algunas modificaciones al anterior acuerdo, incorporando principalmente la diferenciación de la calidad crediticia de los activos a través de las calificaciones crediticias, de tal manera que los activos menos riesgosos tengan una menor ponderación y el margen de capital requerido sea menor frente a potenciales pérdidas debido a eventos crediticios, como cambio de calificación a la baja (*downgrade*) o incumplimiento (*default*). También incentiva la mejora de la gestión de riesgos y la medición del capital en función de los riesgos que los bancos enfrentan, ya que permite el uso de métodos de medición de riesgo propios pero bajo supervisión.

Uno de los tres pilares de este nuevo acuerdo es el requerimiento mínimo de capital tomando en cuenta los riesgos: crediticio, de mercado y operativo.

$$\frac{\text{Fondos propios}}{\text{Riesgo crediticio} + \text{Riesgo de mercado} + \text{Riesgo operativo}} \geq 8\%$$

La pérdida esperada por un evento de riesgo crediticio se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$EL = PD * LGD * EAD \quad (1)$$

donde:

EL (*Expected Loss*): es la pérdida esperada por un evento de *default*

PD (*Probability of Default*): probabilidad de incumplimiento.

LGD (*Loss Given Default*): monto de pérdida (en absoluto o en porcentaje) en caso del evento de incumplimiento.

EAD (*Exposure at Default*): exposición al momento del incumplimiento.

La PD y la LGD se pueden calcular a partir de las calificaciones de riesgo crediticio que proporcionan las agencias calificadoras de riesgo crediticio, pero también se puede elaborar calificaciones y estimaciones internas. Al respecto, Basilea II considera dos enfoques:

i) Enfoque estándar, que para el cálculo del valor total de activos ponderados por riesgo emplea la PD y la LGD obtenidas de las calificaciones asignadas por agencias especializadas. Se considera el tipo de activo y las operaciones fuera de balance. Las ponderaciones individuales dependen de la contraparte (riesgo soberano, bancos o empresas). Además, este método considera la mitigación del riesgo de crédito mediante el uso de garantías reales o financieras.

ii) Enfoque basado en calificaciones internas (IRB, por sus siglas en inglés), los acreedores pueden emplear sus propias calificaciones crediticias para determinar el riesgo crediticio de sus deudores. Es así que el acreedor efectúa su propia clasificación de los riesgos y calcula la PD de los deudores. Dentro de este enfoque se cuenta con dos métodos de medición:

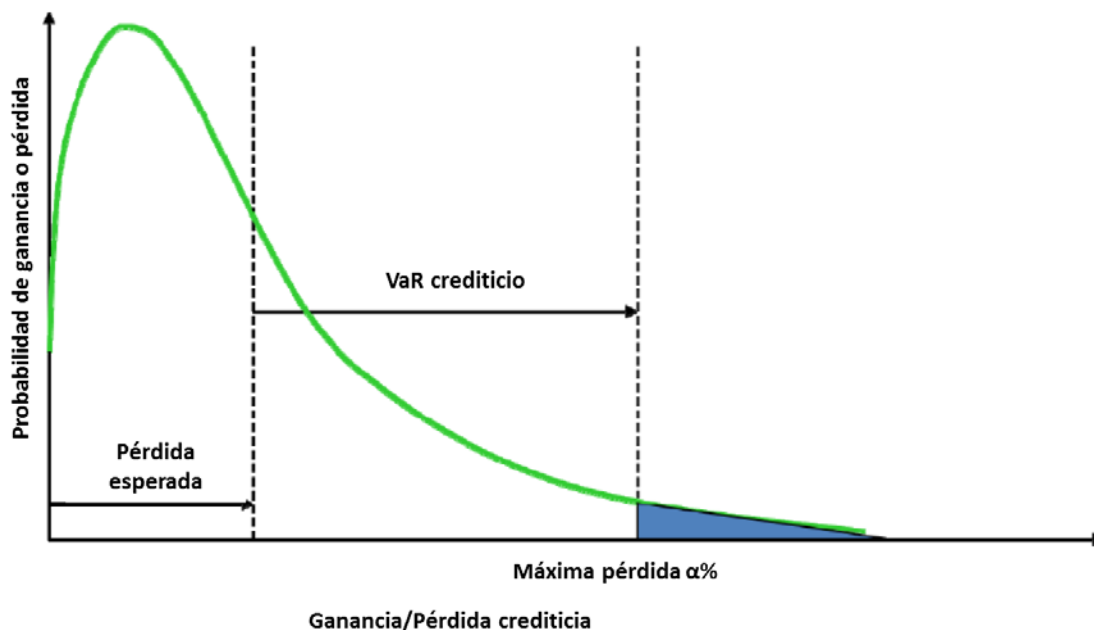
- **El método IRB básico**, en el que el acreedor debe calcular internamente la PD y la EAD.
- **El método IRB avanzado**, en el que el acreedor debe calcular todos los parámetros internamente, es decir la LGD, los vencimientos efectivos (M) y otros parámetros requeridos para el cálculo de los Activos Ponderados por Riesgo (RWA). En este enfoque se les permite a los bancos desarrollar su propio modelo para cuantificar el capital requerido para el riesgo de crédito.

Este enfoque asume que se puede pronosticar el nivel promedio de pérdidas esperadas (EL) por un evento de crédito. Sin embargo, también pueden existir pérdidas que excedan

los niveles esperados, con menor frecuencia pero potencialmente con mayor impacto. Estas pérdidas se denominan pérdidas inesperadas (UL).

Para este fin, el enfoque IRB parte de un modelo estocástico de la pérdida de crédito del portafolio, el cual permite estimar el valor de la pérdida (potencial) que supera la probabilidad o nivel de confianza definida previamente (Gráfico 1).

Gráfico 1: DENSIDAD DE PROBABILIDAD DE PÉRDIDA DE CRÉDITO



Fuente: Extraído de Banco Mundial (2014)

El Gráfico 1 representa la densidad de probabilidad de pérdida de crédito, por lo que el área bajo la curva, por definición, es igual a 100%. Se observa que las pérdidas alrededor o ligeramente menores que la pérdida esperada se producen con más frecuencia que las grandes pérdidas. La probabilidad de que las pérdidas excedan la suma de la pérdida esperada (EL) y la pérdida inesperada (UL) es igual al área sombreada que corresponde a 100% menos el nivel de confianza definido. El límite (percentil) correspondiente se denomina Valor en Riesgo (VaR) crediticio.

Se debe considerar que no es posible conocer de antemano el número exacto de incumplimientos futuros, ni la tasa de pérdida real. Estos parámetros son variables aleatorias. Lo que se hace es estimar los valores promedio o esperados para su cálculo.

Basilea propone un tratamiento separado para las pérdidas esperadas e inesperadas. En el caso de las pérdidas esperadas de una cartera en valores monetarios, se calcula como la sumatoria de las pérdidas esperadas individuales de los activos de la cartera:

$$EL = \sum(PD * EAD * LGD) \quad (1.a)$$

En el caso de las pérdidas inesperadas, las funciones de ponderación de riesgo de Basilea se basan en un modelo específico desarrollado por el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (Gordy, 2003).

La función de ponderación de riesgo usada para la estimación de las pérdidas inesperadas está sujeta a una importante restricción: el portafolio debe ser invariante, esto significa que el capital requerido para cada exposición sólo debe depender del riesgo de la exposición y no debe depender del riesgo de la cartera a la cual pertenece. Este supuesto permite que los parámetros de cada deudor (PD, LGD y ED) sean suficientes para calcular el capital requerido para cada exposición. Por otro lado, bajo la ley de los grandes números, se asume que en una cartera conformada por muchas exposiciones pequeñas, los riesgos idiosincráticos de las exposiciones individuales tienden a anularse, por lo que los riesgos sistemáticos que afectan a muchas exposiciones son los únicos que tienen un efecto significativo en las pérdidas de la cartera.

Según Gordy (2003), los modelos *Asymptotic Single Risk Factor* (ASRF) son los únicos que cumplen con la restricción de que el portafolio sea invariante y permiten modelar los riesgos sistemáticos que afectan a todos los prestatarios a través de un factor de riesgo sistemático único. En este marco es posible estimar la suma de las pérdidas esperadas e inesperadas mediante el cálculo de la pérdida esperada condicional.

El modelo ASRF desarrollado por Basilea II utiliza el promedio de PDs que refleja la tasa de incumplimiento esperado en condiciones normales, los PDs condicionales, los LGD condicionales, de tal manera que se pueda analizar la severidad de la pérdida.

La función de mapeo utilizado para derivar las PD condicionales a partir de las PD promedio es una adaptación del modelo de activos individuales para carteras de crédito desarrollado por Merton (1974) que indica que los prestatarios incumplen sus obligaciones en un horizonte dado de tiempo, cuando el valor de sus activos es menor que la deuda.

Dado que en el modelo de Merton el límite de incumplimiento y las PD del prestatario están conectados a través de la función de distribución normal, el *límite de incumplimiento* puede ser inferido a partir de la PD mediante la aplicación de la función de distribución normal inversa. Con estas consideraciones el requerimiento de capital se obtendrá a partir de la siguiente fórmula:

$$K = LGD \left[N \left(\sqrt{\frac{1}{1-R}} N^{-1}(PD) + \sqrt{\frac{R}{1-R}} N^{-1}(0,999) \right) - PD \right] \frac{1+(M-2,5)b(PD)}{1-1,5b(PD)} \quad (2)$$

donde:

K = requerimiento de capital

LGD = pérdida en caso de incumplimiento

PD = probabilidad de incumplimiento

R = coeficiente de correlación

M = vencimiento efectivo

b = Ajuste de vencimiento

N(x) = función de distribución normal estándar aplicada al límite y al valor conservador del factor sistemático

N⁻¹(PD) = función inversa de la distribución normal estándar que se aplica al PD para derivar el límite de incumplimiento

N⁻¹(0,999) = función inversa de la distribución normal estándar aplicada al nivel de confianza para derivar el valor conservador del factor sistemático

Este modelo proporciona el monto total de requerimiento de capital (desde el origen hasta el VaR en el Gráfico 1) vale decir, la pérdida esperada más la inesperada (o pérdida esperada condicional). Si se desea obtener el valor de la pérdida inesperada, únicamente se realiza un ajuste a la fórmula restándole el valor de la pérdida esperada (PD*LGD):

$$K = LGD \left[N \left(\sqrt{\frac{1}{1-R}} N^{-1}(PD) + \sqrt{\frac{R}{1-R}} N^{-1}(0,999) \right) - PD * LGD \right] \frac{1+(M-2,5)b(PD)}{1-1,5b(PD)} \quad (3)$$

El coeficiente de correlación R, representa el grado de exposición del emisor al factor de riesgo sistemático, que es un reflejo del estado global de la economía. Este valor varía para cada tipo de activo debido a los diferentes grados de dependencia de la economía.

Los instrumentos a mayor plazo son más riesgosos que los de corto plazo debido a que son más probables las disminuciones de calificación en el largo plazo. Por este motivo, el requerimiento de capital debe ser mayor para instrumentos con mayores vencimientos. Tomando en cuenta estos factores, se realiza un ajuste de vencimiento que es una función tanto de la madurez y de la función b(PD), representado en el último término de la fórmula.

Los ajustes son mayores para los prestatarios con PD bajas porque se considera que tienen más potencial y espacio para un deterioro de su calidad crediticia. Los ajustes de vencimiento son ratios que se deben calcular por calificación crediticia y vencimiento. Esta función de ajuste de vencimiento es suavizada por un modelo de regresión estadística, tal como se presenta a continuación:

$$b(PD) = [0,11852 - 0,05478 \ln(PD)]^2 \quad (4)$$

Asimismo, se debe considerar las correlaciones de activos por sector (corporativo, soberano y bancario), definidas por Basilea. Estas correlaciones se derivaron del análisis de datos observados por los supervisores del G-10 que a su vez determinaron las tasas de incumplimiento. Entre algunos aspectos observados se encuentran:

- Las correlaciones de activos disminuyen cuando las PD se incrementan. A mayor PD mayor es el componente de riesgo (individual) idiosincrásico de un prestatario, es decir que el riesgo de incumplimiento no depende tanto de la situación general de la economía sino de los determinantes del riesgo individual.
- Las correlaciones de activos aumentan con el tamaño de la empresa, cuanto mayor es una empresa, mayor es su dependencia de la situación general de la economía, y viceversa. Las empresas más pequeñas son más propensas a incumplir por razones idiosincrásicas.

Las funciones de correlación de activos (R) utilizados según Basilea incluyen ambos conceptos:

$$R = 0,12 \frac{(1 - e^{-50 PD})}{(1 - e^{-50})} + 0,24 \left(1 - \frac{1 - e^{-50 PD}}{1 - e^{-50}} \right) - 0,04 \left(1 - \frac{(S - 5)}{45} \right)$$

El primer término corresponde a PD altas con una correlación límite de 12%; el segundo término es para PD bajas con una correlación límite de 24%; y el último factor corresponde al ajuste por tamaño y está en función del valor de las ventas anuales del emisor.

Las correlaciones entre los límites son modeladas por una función de ponderación exponencial dependiente de la PD. La función exponencial disminuye rápidamente a un ritmo determinado por el factor k, que se fija en 50 para exposiciones corporativas.

Finalmente, con el fin de derivar el valor de los activos ponderados por riesgo, se debe multiplicar K por EAD y el inverso del coeficiente de capital mínimo de 8%, vale decir por un factor de 12,5:

$$\text{Activos ponderados por riesgo} = 12,5 * K * \text{EAD}$$

III. Implementación de la metodología Basilea II para medir el VaR crediticio en la inversión de las reservas monetarias internacionales del Banco Central de Bolivia

La metodología del acuerdo de Basilea II se implementó con la colaboración del Banco Mundial a través del Programa RAMP - *Reserve Advisory and Management Program*, un programa de asesoramiento al cual se suscribió el Banco Central de Bolivia en 2013 por un periodo de 3 años.

El Banco Mundial se basó en el enfoque IRB de Basilea II descrito en la sección anterior.² Esta metodología permite usar medidas internas para los principales parámetros del riesgo crediticio, es decir, se puede determinar internamente las PD, LGD y ED para la aplicación de las fórmulas de ponderación de riesgo definidas en el Comité de Basilea. El Banco Mundial elaboró una plantilla en Excel con los cálculos necesarios para la aplicación de esta metodología para el VaR crediticio.

En el modelo se requiere definir dos parámetros clave: el nivel de confianza (99,9%), y la correlación de activos (ajustado por el tamaño del emisor) para determinar el grado de dependencia de los prestatarios de la economía global.

Se emplearon los parámetros de PD para entidades bancarias, financieras y corporativas promedio 1990 – 2013 de acuerdo con las matrices de transición que publica la agencia calificadora de riesgo Fitch. Por otra parte, para el parámetro LGD se estableció un valor de 40% para entidades bancarias y 25% para entidades soberanas y supranacionales.

Adicionalmente, la información que requiere el modelo es la siguiente:

- Para el cálculo de la EAD se considera el valor nominal y los intereses acumulados esperados en el siguiente año, que en total representa lo que potencialmente se puede perder por un evento de incumplimiento. Este cálculo, por tanto, requiere especificar moneda, contraparte, monto nominal de la exposición, plazo a vencimiento e intereses acumulados.
- Para el cálculo de la PD se utilizó la siguiente información: calificación crediticia, tipo de instrumento y sector.

² La plantilla también permite la estimación con el enfoque estandarizado, como Basilea III, que eleva la previsión del riesgo crediticio.

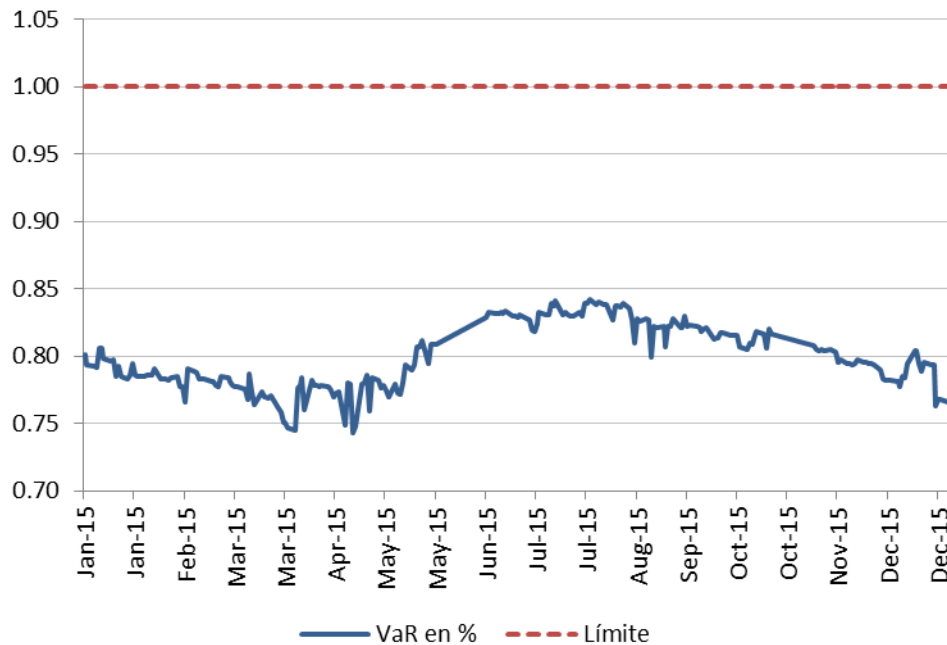
IV. Resultados

Como parte de la política global de riesgos en la administración de las reservas internacionales, el BCB realiza inversiones únicamente en entidades que presenten una alta calidad crediticia, con una calificación de riesgo crediticio igual o superior a A, según las agencias calificadoras de riesgo crediticio globales.

El cálculo del VaR crediticio con base en la metodología de Basilea II ha permitido establecer una mejora no solamente en el cálculo del valor absoluto del riesgo crediticio, sino además contar con un presupuesto de riesgo de crédito agregado a nivel del total de las reservas monetarias internacionales.

Durante la gestión 2015, el VaR crediticio con un nivel de confianza de 99,9% se ha mantenido por debajo de 0,85%, inferior al límite establecido por el Directorio del BCB de 1% a partir de 2016 (Gráfico 2).

Gráfico 2: MÁXIMA PÉRDIDA ESPERADA DE LAS RESERVAS MONETARIAS
(En porcentaje)



Fuente: Elaboración propia

Los activos ponderados por riesgo pasaron de USD107 millones a principios de 2015 a USD88 millones a fines del mismo año en razón de la disminución de reservas internacionales y por las mayores inversiones en títulos con mejor calidad crediticia. El VaR crediticio de las inversiones con calificación A alcanza a 1,2%, casi cinco veces

mayor al VaR crediticio de las inversiones con calificación AAA que alcanza a 0,23% (Cuadro 2).

Cuadro 2: RESULTADOS DEL VaR CREDITICIO

(Al 31 de diciembre 2015, en millones de USD y %)

Calificación crediticia	EAD	K	PD * LGD
AAA	1,787	4	0.23%
AA+	370	3	0.74%
AA	1,791	11	0.64%
AA-	2,148	13	0.62%
A+	1,569	16	1.04%
A	3,169	38	1.20%
A- ¹	224	2	1.10%
Reservas monetarias	11,593	88	0.76%

Fuente: Elaboración propia

Nota: ¹ En diciembre de 2015 bajaron la calificación de Deutsche Bank AG, de A a A-, por lo que el Comité de Reservas Internacionales decidió reducir la exposición en esta contraparte

V. Conclusiones

En los últimos años se han registrado eventos que derivaron en pérdidas en los mercados financieros internacionales, estos acontecimientos han puesto en evidencia la relevancia de una adecuada gestión de riesgos, que precisa de la medición apropiada y eficiente de los diferentes tipos de riesgo relacionados con una inversión.

El documento se enfoca en el riesgo crediticio y su medición a través del Valor en Riesgo crediticio. Con este fin se realizó una revisión de las principales medidas, metodologías y modelos de medición del valor en riesgo crediticio (“Credit VaR” o VaR crediticio),

haciendo énfasis en la metodología desarrollada por Basilea II, que permite calcular el capital mínimo requerido con el objetivo de cubrir el riesgo crediticio de las carteras de los bancos y en nuestro caso permite medir y monitorear el riesgo crediticio al que se expone la inversión de las reservas internacionales.

El Banco Mundial desarrolló una metodología para el cálculo del VaR crediticio bajo el enfoque de Basilea II; el BCB aplicó dicha metodología para medir el riesgo crediticio de las inversiones de las reservas monetarias internacionales correspondiente al período enero - diciembre de 2015. Los resultados muestran que el VaR crediticio, en el período de estudio, se mantuvo fluctuando en un rango de 0,74% y 0,84%, monto inferior a la tolerancia establecida en el reglamento para la administración de las reservas internacionales de 1%. Como se esperaba, los resultados desglosados por calificación crediticia exponen un VaR de 1,2% para inversiones en títulos con calificación A, frente a 0,23% para inversiones con calificación AAA al 31 de diciembre de 2015.

La aplicación de nuevas herramientas para el cálculo y monitoreo del riesgo crediticio inherente a la inversión de las reservas monetarias internacionales ha permitido implementar mejoras en la gestión del riesgo crediticio para los portafolios de inversión del BCB.

Referencias bibliográficas

- BANCO MUNDIAL (2014). “Basel II IRB Approach”, presentación, marzo
- BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION (1999). “Credit Risk Modeling: current practices and applications”, April
- BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION (2003). “Consultative Document Overview of the New Basel Capital Accord”, April
- BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION (2004). “Modifications to the capital treatment for expected and unexpected credit losses in the New Basel Accord”, January
- BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION (2005). “An Explanatory Note on the Basel II IRB Risk Weight Functions”, July
- BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION (2006). “International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards. A Revised Framework. Comprehensive Version”, June
- BLACK, F. and M. SCHOLES (1973). “The Pricing of Options and Corporate Liabilities” *Journal of Political Economy*, 81 (3), pp. 637-654
- COMITÉ DE SUPERVISIÓN BANCARIA DE BASILEA (2005). “Enmienda al acuerdo de capital para incorporar riesgos de mercado”, noviembre
- CROSBIE, P. and J. BOHN (2003). “Modeling Default Risk”, Moody’s KMV Company, December
- DELIANEDIS, G. and R. GESKE (2001). “The Components of Corporate Credit Spreads: Default, Recovery, Tax, Jumps, Liquidity, and Market Factors”, Anderson Graduate School of Management – Finance, UCLA, Recent Work Series, January
- GALINDO, J. and P. TAMAYO (2000) “Credit Risk Assessment Using Statistical and Machine Learning: Basic Methodology and Risk Modeling Applications”, *Computational Economics*, 15 (1), pp 107-143
- GORDY, M. B. (2003). “A risk-factor model foundation for ratings-based bank capital rules”, *Journal of Financial Intermediation*, 12 (3), pp. 199-232
- JORION, P (2006). *Value at Risk. The New Benchmark for Managing Financial Risk*, Third edition, McGraw-Hill Professional, United States

MERTON, R. C. (1974). "On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates", *The Journal of Finance*, 29 (2), pp. 449-470

MERTON, R. C. (1976). "Option pricing when underlying stock returns are discontinuous", *Journal of Financial Economics*, 3 (1-2), pp 125-144

VASICEK, O. A. (1997). "The Loan Loss Distribution", Technical Report, KMV Corporation

VASICEK, O. A. (2002) "The distribution of loan portfolio value", *Risk*, December